

NN31811.214

CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
AND WATER MANAGEMENT RESEARCH
EN, THE NETHERLANDS

***Onderzoek naar de invloed van infiltratie
in een veenkoloniaal gebied
met behulp van elektrische modellen***

F. Homma

Verspreide Overdrukken
Miscellaneous Reprints

214

Uit:
From:

Cultuurtechnisch Tijdschr.
17, 6, 1978

Verspreide overdrukken vanaf 1969:
Miscellaneous Reprints from 1969:

71. PERDOK, U. D. 1969. De grondlegging van de mengrotor en de menggootwoeler op het veenkoloniale profiel.
72. LIER, H. N. VAN. 1969. Onderzoek betreffende de recreatie in vier strandbaden in de provincie Drenthe.
73. WEERD, B. VAN DER. 1969. Ontwatering van boomgaarden.
74. FONCK, H. 1968. Afwateringsproblemen in zandgebieden.
75. BON, J. 1969. De invloed van bos in Nederland op de afvoer van beekgebieden.
76. MEIJERMAN, G. C. 1969. Baten en kosten van cultuurtechnische investeringen in veenkoloniale akkerbouwbedrijven (Summary: Benefits and costs of investments in improving the lay-out of land in the Netherlands N-E Peat District).
77. PERDOK, U. D., J. A. HULSHOF en Ch. Th. SCHLANGEN. 1969. Grondige verandering van de bodem.
79. WIND, G. P. 1969. Grondverbetering.
88. TOUSSAINT, C. G. 1968. De waterbehoefte van de tuinbouw in West-Nederland (Summary: Water requirement for horticulture in the West-Netherlands).
90. SPIJK, P. 1969. Gedachten over de werkwijze ten aanzien van landinrichtingsplannen: alternatieven en beoordelingsaspecten.
91. BIJKERK, C. 1969. Recreatie-onderzoek ten behoeve van de landinrichting.
92. COUWENHOVEN, T. 1969. Verzilting en land- en tuinbouw in Nederland.
94. VISSER, W. C. 1968. Anwendung der parametrischen Biologie auf praktische Probleme.
96. LIER, H. N. VAN. 1970. Capaciteitsberekening voor nieuw te stichten strandbaden.
98. VRIES, J. J. DE. 1969. Relatie tussen het sulfaat en ijzergehalte in het diepe grondwater van de Gelderse Achterhoek (Summary: Relation between the sulphate- and iron content of the deep groundwater in the „Gelderse Achterhoek“).
99. LIER, H. N. VAN. 1970. Enkele aspecten van de openluchtrecreatie.
100. BERG, C. VAN DEN. 1970. De waterbehoefte in de land- en tuinbouw (Summary: Water requirements of agriculture and horticulture).
101. TOUSSAINT, C. G. 1970. Boomteelt en waterkwaliteit.
102. BIJKERK, C., TH. J. LINTHORST en C. VAN WIJK. 1970. Cultuurtechnische inventarisatie Nederland. (Summary: A method of a machine processed survey of the division of rural areas, as practised in the Netherlands).
103. WEERD, B. VAN DER. 1969. Een grondwaterstands-afleesapparaat.
104. HELLINGS, A. J. 1969. Methoden voor het bepalen van het tijdstip van beregening.
106. SCHOTHORST, C. J. 1969. Polderpeil en grondwaterstand bij veengrasland.
107. LOCHT, L. J. 1970. Die Abschätzung kulturtechnischer Projekte in den Niederlanden.
108. LIER, H. N. VAN, en J. G. VAN KEULEN. 1970. Een gravitatie-model voor recreatie-verkeersstromen toegepast op strandbadbezoek. (Summary: A gravitation model for recreational traffic flows).
109. MEIJERMAN, G. C. en J. J. A. VAN DEN BERG. 1970. Bedrijfseconomische mogelijkheden voor gemengde bedrijven in het Noordelijk kleimozaïekgebied. (Summary: Present economic possibilities for mixed holdings in a mosaic parcelled clay region in the N-Netherlands).
110. WIJNSMA, M. en K. E. WIT. 1970. Het nemen van ongestoorde grondkolommen.
111. DASBERG, S. and J. W. BAKKER. 1970. Characterizing soil aeration under changing soil moisture conditions for bean growth.
112. LIER, H. N. VAN. 1970. Strandbadrecreatie.
113. TOUSSAINT, C. G. en T. COUWENHOVEN. 1970. Interne zoutbelasting van de poldergebieden in West-Nederland.
114. BERG, C. VAN DEN. 1971. Waterhuishoudkundig onderzoek van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding.
115. ERNST, L. F., N. A. DE RIDDER and J. J. DE VRIES. 1970. A geohydrologic study of East Gelderland (Netherlands).
116. LIER, H. N. VAN. 1970. Zwemwater in strandbaden.
117. BIJKERK, C. 1970. Het onderzoek naar openluchtrecreatie.
118. OOSTROM, C. G. J. VAN. 1971. Kwaliteit van glasopstanden in twee Westlandse tuinbouwgebieden.
119. WAARD, J. DE, en H. D. L. VAN RIJN. 1971. De onderhoudskosten van plattelandswegen.
120. BERG, J. J. A. VAN DEN, en G. C. MEIJERMAN. 1971. Kosten en baten van perceelsvergroting voor een akkerbouwbedrijf van ca. 50 ha in de ruilverkaveling 'De Marne' (Summary: Benefits and investments when enlarging parcel-sizes for 50 ha arable farms on heavy clay in the re-allotment area 'De Marne' (Northern Netherlands)).
121. BERG, C. VAN DEN. 1971. Cultuurtechnische aspecten van de bestemmingsverandering van de grond (Summary: Land development aspects of changes in land use).
122. KIK, R. 1971. Een methode voor het vervaardigen van een voorlopig toedelingsplan voor een ruilverkaveling.
123. STOL, Ph. Th. 1971. Het vaststellen van afvoercoëfficiënten van poldergemalen met behulp van maalstaatgegevens.
124. LIER, H. N. VAN, J. G. BAKKER en H. BERGMAN. 1971. Onderzoek ten behoeve van openluchtrecreatievoorzieningen bij de inrichting van het platteland.
125. STOL, Ph. Th. 1971. Een beschouwing over de frequentie van weerkeren van hydrologische gebeurtenissen.
126. WESSELING, J. and H. J. COLENBRANDER. 1972. The use of geohydrology in solving water management problems in agriculture.
127. VRIES, J. J. DE, and E. VAN REES VELLINGA. 1972. Buried channel aquifers and present open drainage system of East Gelderland, the Netherlands.

F. HOMMA

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen

Onderzoek naar de invloed van infiltratie in een veenkoloniaal gebied met behulp van elektrische modellen

Inleiding en proefopzet

In een jong veenkoloniaal gebied zijn in 1972 en in 1973 als proef in enige wijken de peilen opgezet om water te infiltreren in de tussenliggende percelen. Het doel daarvan was de invloed van een verhoogde grondwaterstand op de gewasopbrengst na te gaan en met behulp daarvan de optimale grondwaterstand voor verschillende gewassen vast te stellen (*Feddes, 1971*).

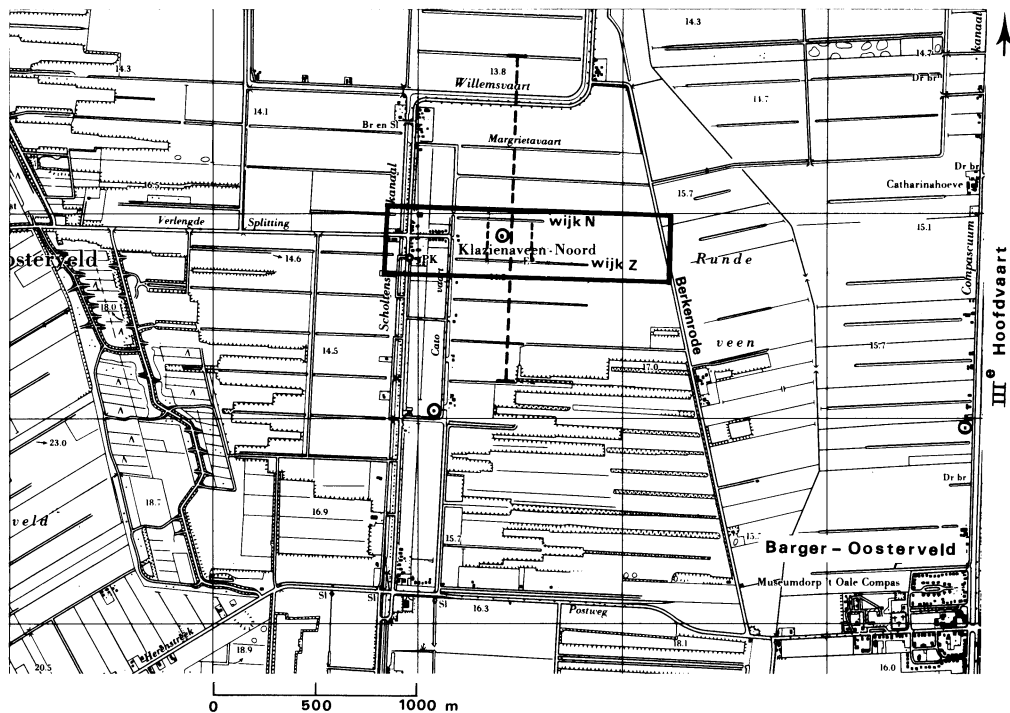
Het proefgebied is gelegen in het zuidoosten van Drenthe. Tussen de Catovaart en de Berkenrode ten zuiden van de Willemsvaart werden verschillende wijken opgezet door middel van een stuw in het Scholtenskanaal. Omdat in dit gebied geen gegevens van de diepere grondlagen beschikbaar waren is door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) een puls boring tot 25 meter op het proefperceel uitgevoerd. Bij de IIIe Hoofdvaart en de Catovaart zijn grondwaterfilters op verschillende diepten aangebracht (figuur 1), voor het bepalen van de grondwaterpotentialen op verschillende diepten.

Door het voormalige waterschap De Runde (thans De Veenmarken) zijn twee grondwaterstandsraaien geplaatst. In de damwanden die op 344 m van elkaar liggen zijn watermeters geplaatst (figuur 2). De grondwaterstanden en de watermeters werden dagelijks opgenomen. Ten behoeve van het waterbalansonderzoek werden luchttemperatuur, relatieve vochtigheid, neerslag en windsnelheid ter plaatse gemeten. Gegevens over open waterverdamping, straling en zonneshijnduur werden ontleend aan het KNMI-station te Eelde. Met behulp van gamma-metingen werden wekelijks de vochtveranderingen in het profiel gemeten.

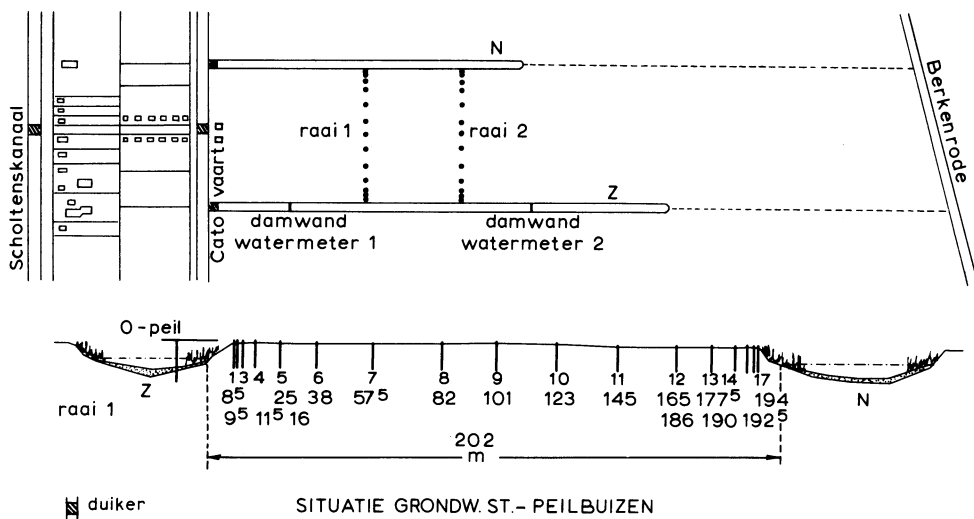
Bij de optredende grondwaterstanden van 140 cm is de capillaire opstijging klein (ca. 0,1 mm/d). Uit het waterbalansonderzoek bleek een vrij grote afvoer te bestaan naar elders vanuit de wijken infiltrerend water. Om een inzicht in de daarbij optredende stroming te krijgen is een theoretische analyse opgesteld welke getoetst werd met behulp van elektrische modellen. Door combinatie van berekeningen en modelmetingen konden verschillende hydrologische grootheden worden bepaald. Met behulp daarvan konden de consequenties van een verdere verhoging van wijk- en grondwaterpeilen op de waterhuishouding worden nagegaan.

Waterbalans

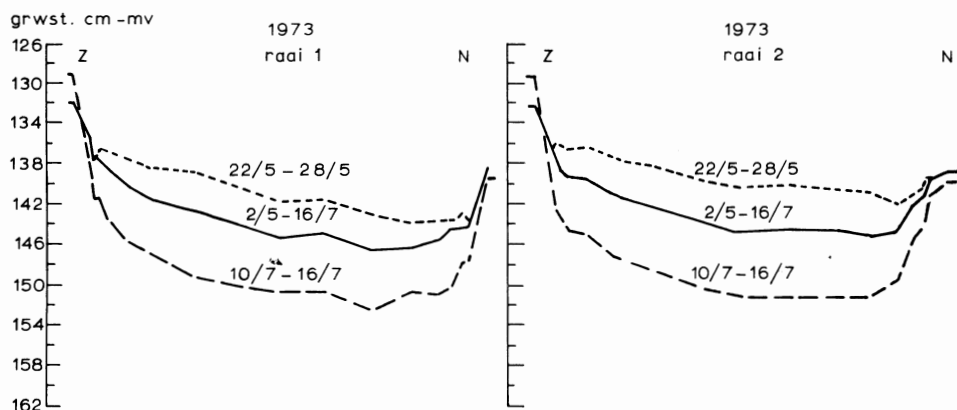
Voor de eerste en laatste week en voor het gehele groeiseizoen 1973 zijn gemiddelde grondwaterstanden berekend uit de dagelijkse waarnemingen, opval-



Figuur 1. De ligging van het proefperceel met de voor water aan- en afvoer zorgende wijken en de door het ICW uitgevoerde boringen ⊙.
 — — plaats van de doorsnede van het gebiedsmodel.
 - - - grondwaterstandsraaien.



Figuur 2. Plaats van de grondwaterstandsbuizen en de afstand tot wijk Z en damwanden in wijk Z.



Figuur 3. Gemiddelde grondwaterstand gedurende een drietal geselecteerde perioden tijdens het groeiseizoen 1973.

lend is de toenemende diepte in de richting van wijk Noord (figuur 3). Het peil in deze wijk staat ook lager dan dat in wijk Zuid ondanks de open verbinding van beide wijken met de Catovart. Om een mogelijke oorzaak van deze asymmetrische stroming te vinden werd de volgende waterbalans voor het proefgebied opgesteld:

$$A = N + I + \Delta W + \Delta B - E \text{ mm/7 d} \quad (1)$$

Hierin is: A, afvoer naar de ondergrond uit wijk en perceel; N, neerslag; I, infiltratie; ΔW , vochtlevering door de grond; ΔB , vrijkomend vocht door grondwaterstandsaling (1 cm daling \rightarrow 1 mm vocht); E, actuele verdamping. Tabel 1 geeft een overzicht van deze berekeningen met de waterbalans.

Tabel 1. Samenvatting van de waterbalanstermen.

		1972 23/5 - 12/9 mm/112 dagen	1973 22/5 - 10/7 mm/49 dagen	1973 22/5 - 18/6 mm/28 dagen	1973 12/6 - 9/7 mm/28 dagen
Neerslag	N	311,7	45,2	30,1	15,2
Vochtlevering grond	ΔW	37,0	76,7	26,9	58,8
Bergingsverandering	ΔB	31,0	7,0	-0,1	8,0
					+
Aanvoer zonder infiltratie		397,7	128,9	56,0	82,0
Aktuele verdamping	E	301,2	130,3	46,3	100,4
					-
Overschot		78,5	-1,4	9,7	-18,4
Infiltratie	I	5,7	53,4	25,0	36,8
					+
Afvoer	A	84,2	52,0	34,7	18,4
Gemiddelde afvoer	\bar{A}	0,75 mm/d	1,06 mm/d	1,24 mm/d	0,66 mm/d

De weersomstandigheden in 1972 waren zeer nat en wisselvallig waardoor grote schommelingen in de infiltratiehoeveelheden optraden. Voor de berekening en het modelonderzoek is daarom hoofdzakelijk gebruik gemaakt van de gegevens over 1973. Uit tabel 1 blijkt dat de actuele verdamping nagenoeg gecompenseerd werd door de aanvoer zonder infiltratie. Hierdoor is het effect van de verhoogde wijkpeilen niet tot uiting gekomen in een hogere gewasopbrengst (*Van der Spelt*, 1976). Ten behoeve van verdere berekeningen is het groeiseizoen 1973 gesplitst in twee delen, namelijk de eerste periode met een vrijwel constante en de tweede periode met een dalende grondwaterspiegel. Uit de cijfers blijkt verder een gemiddelde afvoer \bar{A} van ca. 1 mm/d. Deze afvoer kan een oorzaak zijn van de waargenomen hellende grondwaterstand.

Het splitsen van de grondwaterstandskromme in zijn elementaire componenten

De vorm van de grondwaterspiegels in figuur 3 kan zijn ontstaan als resultante van een aantal elementaire stromingen. Deze zijn:

- de afvoer van overtollige neerslag weergegeven door *Ernst* (1962):

$$h'(x_1) - h'(x_2) = \frac{N}{2kD} (x_1^2 - x_2^2) = h'(x_1) - h'(x_2) = \frac{q'}{2kD} (x_1 + x_2) \quad (2)$$

- de radiale stroming vanuit de wijken. Voor één wijk geldt:

$$h''(x_1) - h''(x_2) = \frac{q''}{\pi k} \ln \left(\frac{x_1 - x_0}{x_2 - x_0} \right) + P \quad (3)$$

- een horizontale stroming in een grondlaag onder de wijken. Hiervoor geldt:

$$h'''(x_1) - h'''(x_2) = \frac{q'''}{kD} (x_2 - x_1) \quad (4)$$

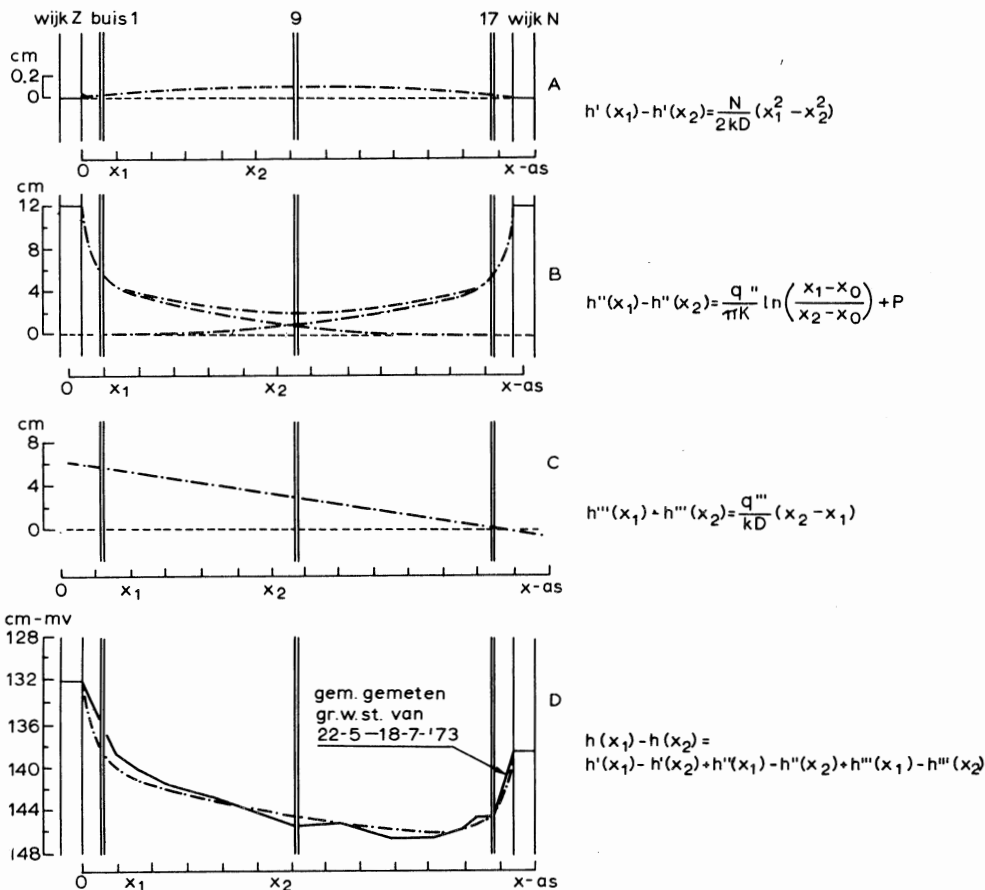
De vergelijkingen (2), (3) en (4) zijn gebaseerd op de aanwezigheid van een isotroop doorlatend pakket met een diepte minimaal gelijk aan de halve perceelsbreedte. In de vergelijkingen hebben de symbolen de volgende betekenis: $h(x_1) - h(x_2)$, verschil in stijghoogte op afstanden x_1 en x_2 van een oorsprong x_0 (m); kD , doorlatend vermogen (m^2/d); P , integratie constante; $q' = N(x_1 - x_2)$, overtollige neerslag tussen de punten x_1 en x_2 (m^2/d); q'' , infiltratie per strekkende meter wijk (m^2/d); q''' , debiet van de horizontale stroming (m^2/d).

De afzonderlijke stromingscomponenten en hun som zijn in figuur 4 gegeven. Voor de periode van 22/5 - 18/7/1973 werd een goede overeenkomst tussen de berekende som en de in het veld gemeten grondwaterstanden verkregen (figuur 4D), zodat de gestelde vergelijkingen voor berekeningen en modelonderzoek mogen worden gebruikt (*Homma*, 1976).

Berekening hydrologische grootheden

Doorlaatfactor: k

Het peilverschil in de beide wijken wordt geheel toegeschreven aan de horizontale stroming in de ondergrond (verg. (4)) welke optreedt over een veel uitgestrekter



Figuur 4. De afvoer van overtollige neerslag (A), radiale stroming (B) en de horizontale stroming (C) uitgezet tussen de wijken Z en N. De superpositie is in D vergeleken met de gemiddelde gemeten grondwaterstand in Raai 1.

gebied dan alleen het proefperceel. Het neerslagoverschot kan voor 1973 geheel worden verwaarloosd wegens de geringe invloed op de vorm van de grondwaterspiegel. Door de gemiddelde waargenomen grondwaterstandskromme te corrigeren voor het peilverschil in de wijken ontstaat een kromme waarop verg. (3) plus zijn spiegeling kunnen worden toegepast. Als voor de berekening gebruik wordt gemaakt van de peilen in de eerste buis (buis 1) en die midden op het perceel (buis 9, figuur 4) blijft de eventuele weerstand van de wijkbodem buiten beschouwing. Uit verg. (3) kan nu worden afgeleid:

$$k = \frac{0,862 q''}{h_1 - h_9} \quad (\text{m/d}) \quad (5)$$

Toepassing van (5) met gegevens gemiddeld over wekelijkse perioden geeft een gemiddelde waarde voor k van 3,1 m/d met een laagste waarde van 1 en een hoogste van 7 m/d. Bij de hier gebruikte stationaire toestanden met verwaarlozing

van de bergingsverandering, wordt het verband tussen de infiltraties en optredende stijghoogten bij grafische en numerieke bewerking niet juist weergegeven. Hierdoor werd een grote spreiding in de berekende k -waarden gevonden.

Doorlatend vermogen: kD

Het waterverlies uit het perceel kan ook worden opgevat als voeding voor de horizontale stroming onder de wijken door. Vergelijking (2) kan hierop worden toegepast als daarin als voeding de afvoerterm A van de waterbalans in plaats van N wordt ingevoerd. Deze aanvoer wordt dan gelijk verdeeld gedacht over de gehele lengte van het perceel. Door de stuw in het Scholtenskanaal is de grondwaterstand op het proefperceel ca. 70 cm hoger dan het open waterpeil in de Willemsvaart. In (2) kunnen nu als waarden voor $h'(x_1) - h'(x_2)$ het verschil in peilen tussen de wijken Z en N en de afstanden van deze wijken tot de Willemsvaart als $x_1 + x_2$ worden ingevuld. Met de gemiddelde afvoer voor 1973 volgt dan een waarde voor $kD = 1631 \text{ m}^2/\text{d}$.

Weerstand wijkbodem: c

Bij een stroming van of naar een drainerende leiding van beperkte diepte treedt behalve een weerstand ten gevolge van de toestroming naar de wijk (radiale weerstand) ook een weerstand op ten gevolge van de stroming door de bodem van die leiding (intreeweerstand). Het totale hoogteverschil tussen open waterpeil in de wijk (h_0) en een punt van het freatisch vlak op een afstand x_1 ($h(x_1)$) vanuit het midden van die wijk is:

$$\Delta h'' = h_0 - h(x_1) = h''_{\text{rad}} + h''_{\text{intr.}} = q''(w_r + w_i) \quad (6)$$

waarin q'' , stroomsterkte (m^2/d); w_r , radiale weerstand tussen open water en x_1 (d/m); w_i , intreeweerstand van de wijkbodem (d/m).

Voor 1973 zijn de per week gemiddelde gegevens gebruikt voor de infiltratie vanuit de zuidelijke wijk en de peilverschillen tussen deze wijk en de grondwaterstand op 9 m (buis 1). Met deze gegevens is de totale weerstand $w_r + w_i$ berekend op 0,2 d/m welke geldt voor een laag grond van 9 m dikte rondom de wijk. De meer gebruikelijke term c voor de weerstand volgt hieruit door vermenigvuldiging met de gemiddelde lengte (28 m) van deze grondlaag ($c = 5,6 \text{ d}$).

Voor de gemiddelde doorlaatfactor van deze laag volgt dan uit $k = D/c$ een waarde van 1,62 m/d . Als de intreeweerstand geconcentreerd is in een laag van 0,5 m rondom de wijk dan is met behulp van een door Widmoser (1968) gegeven afleiding en bekende doorlaatfactor van de grond uit de hiervoor berekende gemiddelde k -waarde een doorlaatfactor van de wijkbodem van $k = 0,43 \text{ m}/\text{d}$ of $c \approx 1$ dag te berekenen. Om de hiervoor gevonden uitkomsten te verkrijgen zijn diverse aannamen gedaan en vereenvoudigingen ingevoerd. Hoewel de verkregen waarden voor dit gebied aanvaardbaar leken was het toch wenselijk deze te controleren aan de hand van elektrische modellen.

Electrische modellen

Omdat het moeilijk was met behulp van de beschikbare veldgegevens een juist inzicht te verkrijgen in de optredende grondwaterstromingen in het proefgebied werden electrische modellen ontworpen. Een eerste versie werd geconstrueerd voordat de puls boring was uitgevoerd en geldt daarom voor een homogene grond. Bij de aanwezigheid van evenwijdige drainerende leidingen kan de stroming in een vlak loodrecht op die leidingen worden weergegeven door een regelmatig netwerk van weerstanden (*Vimoke and Taylor, 1962*). Door middel van schaalfactoren kunnen veldgegevens en waarnemingen worden omgerekend in gegevens en uitkomsten van het model en omgekeerd (*Homma, 1973*).

Om bij het eerste model de gemeten potentiaal in overeenstemming te brengen met de gemeten grondwatercurve was het nodig:

- rondom de wijken de weerstandswaarden te verhogen;
- de invoer via wijk N twee maal zo groot te nemen als via wijk Z;
- de hoogte van het model ca. 1,5 maal zo groot te maken als de breedte;
- langs de zijkant onder wijk Z een extra invoer aan te brengen en de uitvoer te doen plaatsvinden via de zijkant onder wijk N.

Hoewel dit model voldeed aan de eis dat er overeenkomst was tussen de stroming in het veld en die in het model bleven toch nog een aantal vragen open, namelijk:

- een kD -waarde volgend uit dat model, geeft nog geen aanwijzing over de werkelijke opbouw van het watervoerend pakket;
- waarom de infiltratie uit de ene wijk twee maal zo hoog moet zijn als uit de andere kan uit dit model niet worden verklaard;
- op een verticaal onder de wijk was de potentiaal gelijk. Het is de vraag of dit juist is voor de optredende horizontale stroming.

Om op deze vragen een antwoord te kunnen geven waren aanvullende veldgegevens over de profielopbouw noodzakelijk en moesten de invloeden van buitenaf op de stroming in het perceel in het onderzoek worden betrokken.

Midden op het proefperceel is een boring uitgevoerd tot een diepte van 25 meter. Uit de resultaten van deze boring, waarbij per laag de doorlatendheid is bepaald kan een inzicht in de profielopbouw worden verkregen. Deze opbouw kan globaal worden samengevat in twee lagen waarvoor geldt:

$$\begin{array}{lll} k_1 = 8 \text{ m/d} & 0 < D_1 < 12 \text{ m} & k_1 D_1 = 95 \text{ m}^2/\text{d} \\ k_2 = 37 \text{ m/d} & 12 < D_2 < ? \text{ m} & k_2 D_2 = ? \end{array}$$

Uit onderzoekingen van de Rijks Geologische Dienst (1975) blijkt dat de bovenkant van het tertiair ligt op een diepte van ongeveer 50 meter. Deze laag is slecht doorlatend en mag daarom worden beschouwd als onderste begrenzing van het watervoerend pakket. Uitgaande van de ICW boring en de gegevens van de RGD is besloten tot een model met twee watervoerende lagen en waarvoor geldt:

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{1}{4,75} \text{ en } \frac{D_1}{D_2} = \frac{12 \text{ m}}{38 \text{ m}}$$

De uit de ICW boring geschatte k -waarden zijn hoger dan de op blz. 338 berekende. In het model is daarom de werkelijke waarde van k als onbekend verondersteld en is alleen gebruik gemaakt van de verhouding k_1/k_2 .

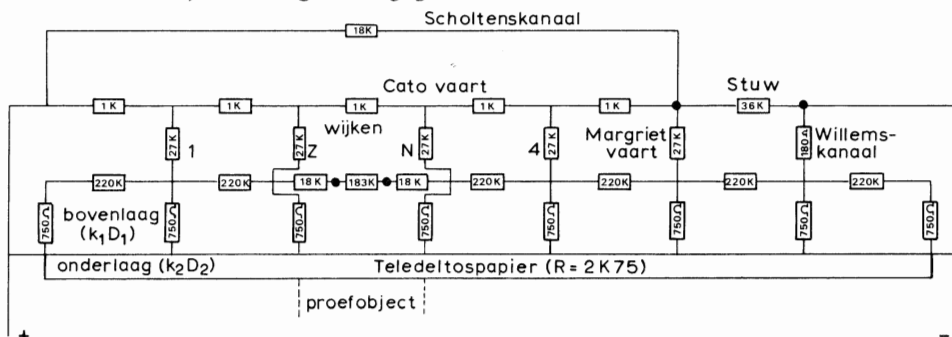
Uit metingen van de peilen in de diepte filters aan de Catovaart, de IIIe Hoofdvaart en midden op het proefperceel kon met aanvullende gegevens van nog enkele aanwezige landbouwbuizen een isohypsenkaart van een groter gebied worden getekend (Humbert, 1976). Hieruit volgde voor het diepere grondwater een stromingsrichting tussen Noord en Noord-West met een helling van globaal 1 : 1000. Met de op blz. 339 gevonden kD -waarde volgt hieruit in de richting loodrecht op de wijken een gemiddelde stroomsnelheid van 2,5 cm/d.

Gebiedsmodel

Ophoof van het model

Om de invloed van de stroming van buiten af op de grondwaterstanden in het perceel te kunnen nagaan is een elektrisch model gebouwd voor een verticale doorsnede over een gebied van vier wijken met verder de Margrietvaart en Willemsvaart (figuur 5). In figuur 1 is de plaats van deze verticale doorsnede aangegeven.

Voor het onderste watervoerende pakket (1400 m lang en 38 m diep) werd een strook Teledeltospapier gebruikt van 58 x 1,6 cm met een specifieke weerstand van 2750 Ω . Uit de verhouding k_1/k_2 werden vervolgens de weerstanden voor het bovenste watervoerende pakket berekend. De radiale weerstand voor de wijken in het veld werd berekend met de door Ernst (1963) aangegeven methode. Uit de verhouding tussen deze radiale weerstand en de met de op blz. 339 gevonden kD -waarde af te leiden horizontale weerstand, was de radiale weerstand voor het model te berekenen. Voor de aanvoerkanalen en de stuw in het Scholtenskanaal moesten de waarden worden geschat omdat metingen omtrent profiel en wandruwheid ontbraken. Na enige correctie van de hiertoe aangebrachte weerstanden werd een voldoende overeenstemming bereikt tussen de in het veld gemeten potentialen en die in het model. Deze overeenstemming werd bereikt bij de in figuur 5 gegeven weerstandswaarden.



Figuur 5. Elektrisch analogon van de dwarsdoorsnede van het geïnfilterde gebied: het gebiedsmodel met de aanvoerkanalen.

Doorlaatfactoren en doorlatend vermogen

Uit de werkelijke invoer van wijk Z (I van tabel 1) en de in het model op de overeenkomstige plaats optredende stroom was de schaafactor Q/I te berekenen. Met de bekende verhouding tussen de weerstand van het model en de doorlaatfactor (R/k) en de verhouding tussen de spanning in het model en de potentiaal in het veld (E/h) konden nu de in het model gemeten waarden worden omgerekend op veldomstandigheden. Met de gebruikte gemiddelde gegevens van de waterbalans en grondwaterspiegel over 1973 werd voor de onderste laag gevonden $k = 39,6$ m/d. Uit de gebruikte verhouding $k_1/k_2 = 4,75$ volgt voor de bovenlaag $k_1 = 8,4$ m/d zodat $\Sigma kD = 1600$ m²/d. Uit de in het model gemeten stroomsterkte in de onderste laag tussen de wijken Z en N volgde voor de werkelijk optredende horizontale stroming een waarde van 1,64 cm/d. Tussen Margrietvaart en Willemsvaart bedroeg deze 8,6 cm/d.

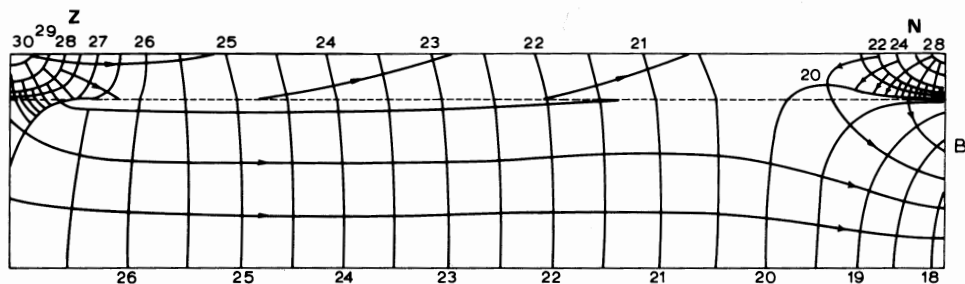
Herziene perceelsmodel

Met gebruikmaking van de resultaten van het gebiedsmodel werd vervolgens met een weerstandennetwerk een nieuw model van het proefperceel gebouwd. Aan de hand van metingen aan dit model werd een stroom- en potentiaallijnen beeld verkregen (figuur 6). De potentiaalverdelingen die langs de bovenrand van het model werden gemeten zijn samen met de waarnemingen over de twee perioden van 1973 in figuur 7 weergegeven. Worden de in het veld gemeten gegevens toegepast op de potentialen en stromen in figuur 6 dan volgt hieruit $k_1 = 4,6$ m/d, $k_2 = 30$ m/d en $\Sigma kD = 1185$ m²/d.

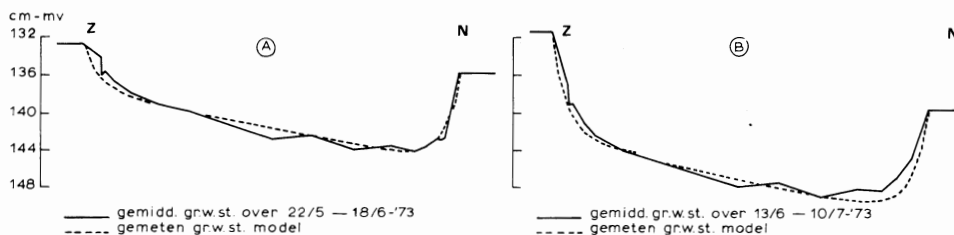
Evenals bij de theoretische afleiding werd ook in dit model een te verwaarlozen weerstand van de wijkbodem gevonden.

Voor het rekenkundig gemiddelde van de hydrologische grootheden verkregen uit het gebiedsmodel en het perceelsmodel geldt:

$$\begin{array}{lll} k_1 = & 6,5 \text{ m/d} & \text{voor } 0 < D_1 < 12 \text{ m} \\ k_2 = & 35 \text{ m/d} & \text{voor } 12 < D_2 < 50 \text{ m} \\ \Sigma kD = & 1400 \text{ m}^2/\text{d} & \text{voor } 0 < D < 50 \text{ m} \end{array}$$



Figuur 6. Het vierkantennet van stroom- en potentiaallijnen van het herziene perceelsmodel.



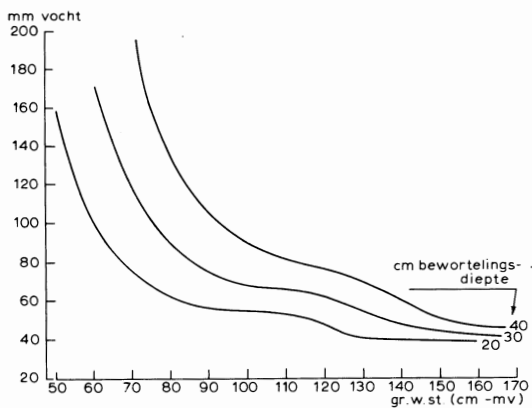
Figuur 7. Overeenkomst van de potentiaalmeting in het herziene perceelsmodel en de gemiddelde grondwaterstanden over twee perioden in 1973.

Gewenste peilbeheersing

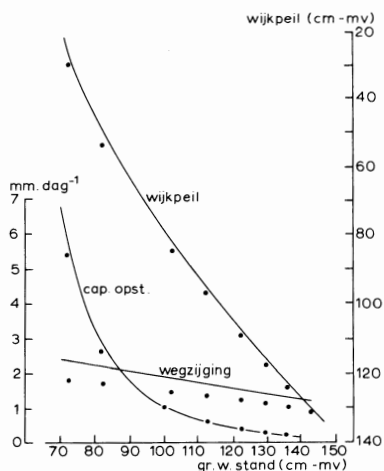
In de grond is een zekere hoeveelheid vocht beschikbaar voor de planten. Bij een bepaalde graad van uitdroging treedt een capillaire opstijging op waarvan de grootte afhankelijk is van de grondwaterstand en bewortelingsdiepte. Voor een groeiperiode van 100 dagen werd bij verschillende bewortelingsdiepten de totaal beschikbare hoeveelheid bodemvocht berekend voor het gewas aardappelen (figuur 8) (Van der Spelt, 1976). De totale behoefte aan water voor de plant moet worden geleverd door de bodemvochtvoorraad, de capillaire opstijging en de neerslag. Uit figuur 8 is af te lezen welke grondwaterstand nodig is om een bepaalde hoeveelheid bodemvocht te kunnen leveren. Op grond van deze gegevens kan worden aangegeven welke grondwaterstanden tijdens het groeiseizoen gewenst zijn om een maximale opbrengst te verkrijgen.

Voor de praktijk is het van belang te weten hoe een verhoging van de grond-

Figuur 8. Gemakkelijk beschikbare hoeveelheid vocht uit de wortelzone en de onverzadigde zone vermeerderd met de capillaire opstijging over een groeiperiode van 100 dagen voor het gewas aardappelen bij verschillende bewortelingsdiepten (Van der Spelt, 1976).



Figuur 9. Het berekende en in het gebiedsmodel gemeten benodigde wijkpeil om een gewenste grondwaterstand te realiseren, de hierbij optredende maximaal mogelijke capillaire opstijging en de optredende wegzijging.



waterstand in het veld is te realiseren en hoeveel water daarvoor via de wijken moet worden ingelaten. Deze hoeveelheid zal aanzienlijk meer kunnen zijn dan de gewasbehoefte omdat wegzijgingsverliezen naar de ondergrond zullen optreden.

Een globaal antwoord hierop kan worden gegeven door de verhoging van het wijkpeil op te splitsen in drie componenten:

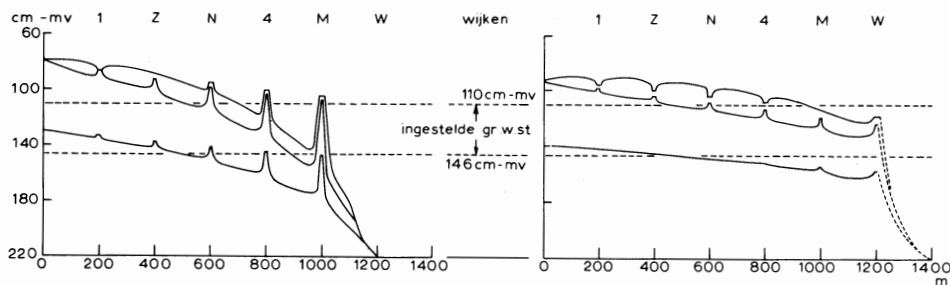
- Een verhoging gelijk aan de gewenste verhoging van de grondwaterspiegel;
- Een verhoging ter compensatie van het grotere drukverlies als gevolg van de extra capillaire opstijging;
- Een verhoging ter compensatie van de wegzijging.

De som van deze drie verhogingen werd voor verschillende grondwaterstanden berekend met behulp van (2) en (3) en in het gebiedsmodel gecontroleerd (figuur 9). Uit deze figuur is het rendement van de infiltratie af te lezen. Bij een grondwaterstand van 90 cm beneden maaiveld komt ongeveer de helft van het toegevoerde water ten goede aan de plant en de rest voedt de diepere grondwaterstroming. Om de laatste term te verkleinen zal het peil over een groter gebied moeten worden opgezet. Daarom werden in het gebiedsmodel metingen uitgevoerd waarbij ook het peil in de Willemsvaart was opgezet. Het blijkt dan dat de helling van de grondwaterspiegel afneemt, wat een lagere afstroming naar de ondergrond tot gevolg heeft. Deze vlakkere grondwaterspiegel heeft bovendien nog het voordeel dat voor meer percelen de gewenste grondwaterstand wordt benaderd (figuur 10) zoals direct uit de twee metingen bij verschillende gewenste waarden van de grondwaterstand voor het proefperceel (146 en 110 cm-beneden maaiveld) blijkt. Bij de grondwaterstand van 110 cm beneden maaiveld is de invloed van een langdurig natte periode op het ingestelde niveau nagegaan. Een continue afvoer van 3 mm/d heeft slechts een geringe verhoging tot gevolg door de grote doorlaatfactoren in dit gebied.

Samenvatting

Om in een jong veenkoloniaal gebied de optimale grondwaterstand voor verschillende gewassen vast te stellen werden in Z.O. Drenthe enkele wijken opgezet. Bij het opstellen van een waterbalans voor één perceel in dit gebied

Figuur 10. Verschillende grondwaterstanden in het gebied zonder en met peilverhoging in de Willemsvaart (voor verklaring zie tekst).



bleek een hoeveelheid water van ca. 1 mm/d te verdwijnen naar de diepere grondlagen. De capillaire opstijging was bij de ingestelde grondwaterstand van 140 cm beneden maaiveld zeer klein. Om een inzicht te krijgen in de optredende stromingen werd een theoretische analyse gemaakt (figuur 4) welke gecontroleerd werd met behulp van een electrisch model. Een verklaring van de optredende stroming kon alleen worden gevonden door een model van het gehele geïnfiltreerde gebied te maken, waarin gegevens van een boring tot 25 m diepte en gegevens van de RGD werden verwerkt. Aan de hand van metingen aan dit model en een herzien model voor het proefperceel werden de volgende hydrologische grootheden afgeleid:

$$\begin{aligned} k_1 &= 6,5 \text{ m/d} && \text{voor } 0 < D_1 < 12 \text{ m} \\ k_2 &= 35 \text{ m/d} && \text{voor } 12 < D_2 < 50 \text{ m} \\ \Sigma kD &= 1400 \text{ m}^2/\text{d} && \text{voor } 0 < D < 50 \text{ m} \end{aligned}$$

Uit berekeningen met deze constanten en uit metingen aan het gebiedsmodel bleek dat het rendement van de infiltratie gering is bij grondwaterstanden lager dan 1 m beneden maaiveld door de grote afvoer naar de ondergrond (figuur 9). Een gunstiger verhouding tussen capillaire opstijging en wegzijging werd bereikt door uitbreiding van het geïnfiltreerde gebied. Deze uitbreiding gaf tevens een vlakkere grondwaterspiegel over het gehele gebied waardoor voor meerdere percelen de gewenste grondwaterstand en daarmee de gewenste capillaire opstijging werd benaderd.

Bij een zekere hoeveelheid neerslag kan de benodigde vochtlevering door de grond voor een optimale plantengroei worden berekend (*Van der Spelt*, 1976). Hieruit volgt dan de meest gewenste grondwaterstand, de hoogte van de wijkpeilen en de infiltratie.

Literatuur

- Ernst, L. F.*, 1962. Grondwaterstromingen in de verzadigde zone en hun berekening bij aanwezigheid van horizontale evenwijdige open leidingen. Verslagen van Landbouwkundige onderzoekingen nr. 67. 15: 189 pp.
- Ernst, L. F.*, 1963. De berekening van grondwaterstromingen tussen evenwijdige open leidingen. Verslagen en mededelingen Comm. Hydr. Ond. T.N.O. no. 8, 1963: 48-68 pp.
- Feddes, R. A.*, 1971. Water, heat and crop growth. Mededelingen LH. Wageningen 71-12: 184 pp.
- Homma, F.*, 1973. Enkele principes en gebruiksmogelijkheden van analoge computers. Nota ICW 749: 20 pp.
- Homma, F.*, 1976. Elektrisch modelonderzoek naar infiltratie vanuit evenwijdige wijken. Nota ICW 920: 52 pp.
- Humbert, H.*, 1976. Isohyphenkaarten van het Waterschap de Runde (niet gepubliceerd).
- Rijks Geologische Dienst 1975*. Inventarisatie geologische gegevens van Emmen en omgeving. Rapport 10151: 5 pp.
- Spelt, T. S. B. van der*, 1976. Gewenste grondwaterstand in de jonge veenkoloniën. Nota ICW 911: 17 pp.
- Vimoke, B. S. and Taylor, G. S.*, 1962. Simulating Water Flow in Soil with an electrical resistance network. U.S. Dep. of Agric. Ass. 41-65: 51 pp.
- Widmoser, P.*, 1968. Der Einfluss von Zonen geänderter Durchlässigkeit im Bereich von Drain- und Brunnenfilterrohren. Schweizerische Bauzeitung 9, 29: 12 pp.

128. Openluchtrecreatie Lopikerwaard 1972. I. Inventarisatie van de huidige openluchtrecreatie, door J. G. BAKKER; II. Prognose van aantal openluchtrecreanten via brongegevens, door H. BERGMAN; III. Prognose van het aantal openluchtrecreanten gebaseerd op objectgegevens, door H. N. VAN LIER.
129. HAAN, F. A. M. DE. 1972. De bodem als afvalverwerkend systeem.
130. BIJKERK, C. 1972. Methoden van landinrichtingsonderzoek. (Summary: Methods of land development research).
131. BLOEMEN, G. W. 1972. Berekening van maatgevende afvoeren, onafhankelijk van gemeten afvoeren.
132. VINK, L. W. 1972. Omvang van verkeer op ontsluitingswegen voor bedrijven met glastuinbouw.
133. HEESTER, J. en G. F. P. IJKELENSTAM, 1972. Permanente recreatieverblijven in midden-oost Nederland en hun gebruikers.
134. WIJK, A. L. M. VAN. 1973. Een methode voor de evaluatie van de geschiktheid van gronden voor de inrichting van recreatieprojecten.
135. Effects of soil compaction, restricted aeration and frost injury on flowerbulb crops. 1970. I Effect of compaction on physical properties of soil and root growth of ornamental bulbs, by F. A. M. DE HAAN and G. G. M. VAN DER VALK; II Influence of short periods of restricted soil aeration on development of tulips, by G. G. M. VAN DER VALK; III Frost injury to flowerbulb crops, by G. G. M. VAN DER VALK.
136. BON, J. 1973. Het hanteren van afvoernormen in stroomgebieden op de zandgronden in Nederland.
137. HOMMA, F. 1973. Invloed van de doorlatendheid van de drainsleuf op de werking van het systeem.
138. BON, J. 1971. Stuwbeheer in zandgebied.
139. RIJTEMA, P. E. 1970. The effect of soil compaction on potential on dry matter production of crops.
140. VINK, L. W. en C. G. J. VAN OOSTERHOUT. 1973. Economische en teelttechnische aspecten van de teelt van bloembollen. (Summary: Economic and cultivation aspects of bulb growing).
141. BAKKER, J. G. 1973. Recreatieonderzoek in de omgeving van de Oldemeijer (Hardenberg).
142. BIJKERK, C. 1973. Enkele indrukken van de recreatie in Canada.
143. STEENVOORDEN, J. H. A. M. en H. N. VAN LIER. 1973. Stikstof, fosfaat en organisch materiaal in grond- en oppervlaktewater van een recreatiegebied.
144. BIERHUIZEN, J. F. and R. A. FEDDES. 1973. The effect of temperature and short wave radiation on the rate of seedling emergence and growth.
145. FEDDES, R. A. 1973. Some physical aspects of water transfer in soil.
146. PLOEGMAN, C. en G. G. M. VAN DER VALK. 1973. Invloed van zout beregeningswater op de groei van vijf-graden Tulpen C.V. 'Ape'.
147. PLOEGMAN, C. 1973. Zoutaccumulatie in bodem bij zand- en kleigrond.
148. HOEKS, J. 1973. Invloed van aardgaslekage op reductieprocessen en accumulatie van organische stof in de bodem. (Summary: Influence of leakage of natural gas on reduction processes and organic matter accumulation in soil).
149. KLEEF, H. A. VAN en Th. J. LINTHORST. 1973. Enkele aspecten van de uitvoering bij de inrichting van de Eilandspolder tot vogelreservaat.
150. WESSELENG, J. and J. D. OSTER. 1973. Response of salinity sensors to rapidly changing salinity.
151. STOL, Ph. Th. 1973. Het gebruik van waterstandsgegevens voor het toetsen van prognoses over de gevolgen van kunstmatige grondwater onttrekking.
152. BIJKERK, C. 1973. Landinrichting, een multipurpose-probleem.
153. WIJK, A. L. M. VAN. 1973. De extra bezandingsdikte nodig voor tijdelijke berging van water in de top laag van sport- en recreatieterreinen.
154. BERG, C. VAN DEN. 1973. Ontwikkelingen in het onderzoek van de landinrichting.
155. BIJKERK, C. 1973. Ontwikkelingen in het onderzoek van de landinrichting: projectstudies.
156. HOEKS, J. 1974. Overlevingskansen van straatbomen bij aardgaslekage.
157. BIJKERK, C. 1974. Automatisering in de landinrichting.
158. LIER, H. N. VAN. 1974. Inrichtings- en waterkwali teitsonderzoek voor openluchtrecreatieprojecten.
159. LOCHT, L. J. 1974. Some tentative conclusions from project evaluation experience with regard to guiding principles on transfrontier pollution.
160. IJKELENSTAM, G. F. P. 1974. Aantal en spreiding van diverse typen recreatieverblijven in Nederland.
161. VISSER, A. C. 1974. Het digitaliseren en verwerken van gegevens van topografische kaarten ten behoeve van de landinrichting. Nauwkeurigheid van oppervlakteberekening uit gedigitaliseerde kaarten.
162. HAVINGA. 1974. Effect van woelen op de zavelgrond.
163. 1974. Onderdruk methode voor bodemontgin g.
164. 1974. Hydraulic conductivity of natural columns.
165. VAN DER, J. J. VAN SCHIE and R. DE WIT. 1974. Energy balance and water supply in the West-Netherlands.
166. VAN DER, J. J. VAN SCHIE and M. UITTENBOGAARD. 1974. Een model van de bodemmilieu voor straatbomen.
167. 1974. Richtlijnen voor de beregenging van gewassen in de vollegrond.
168. VAN DER, J. J. VAN SCHIE, E. BRESLER and S. P. NEUMAN. 1974. Development of a modified numerical model for root systems.
169. VAN DER, J. J. VAN SCHIE and J. BEUVING. 1974. Bespeelbaarheid van velden.
170. VAN DER, J. J. VAN SCHIE. 1975. Mogelijkheden voor het gebruik van een model van hydraulisch grondwater.
171. 1974. The model of the water balance can be taken as a basis for hydrological, agricultural and other projects.
172. 1974. Analysis of two-dimensional flow in soil considering water uptake by roots.
173. I Theory, by S. P. NEUMAN, R. A. FEDDES and E. BRESLER; II Field applications, by R. A. FEDDES, S. P. NEUMAN and E. BRESLER.
174. BIJKERK, C. 1975. Recreation values of forests and parks.



WAGENINGEN UR

For quality of life

Wageningen UR library
P.O.Box 9100
6700 HA Wageningen
the Netherlands
library.wur.nl



10001034022540

175. REINDS, G. H. en A. K. VAN HEMERT. 1975. Bedrijfseconomische gevolgen van beperkingen op de exploitatiemogelijkheden van grasland in natuurgebieden.
176. MICHELS, TH. en TH. G. C. VAN DER HEIJDEN. 1975. Rijsnelheden voor en na de oliecrisis.
177. WIJK, A. L. M. VAN, and J. BEUVING. 1975. Relation between playability and some soil physical aspects of the toplayer of grass sportsfields.
178. ERNST, L. F. 1975. Formulae for the groundwater flow in areas with sub-irrigation by means of open conduits with a raised water level.
179. BAKKER, J. G. 1975. Drie jaar onderzoek op strandbaden.
180. HAVINGA, L. 1975. Blijvend effect van diepe grondbewerking.
181. WIJK, A. L. M. VAN, en J. BEUVING. 1975. Bodemtechnische ontwerpnormen voor speel- en ligwelden en trapvelden.
182. BIELORAI, H. and P. A. M. HOPMANS. 1975. Recovery of leaf water potential, transpiration, and photosynthesis of cotton during irrigation cycles.
183. WESSELING, J. 1976. De betekenis van water voor de landbouw.
184. WEERD, B. VAN DER. 1976. Een registratie-unit voor drainafvoeren, grondwaterstanden, slootpeilen en neerslag.
185. BOELS, D. 1976. Bepalen van kwaliteit van ploegen en afschuiven op lichte zavelgronden.
186. LIER, H. N. VAN. 1976. Recreatie-onderzoek: trekker of aanhangwagen?
187. WESSELING, J. 1976. Gevolgen van drinkwateronttrekking voor de landbouw.
188. MICHELS, Th. 1976. Onderzoek Midden-Randstad: Structuur van de modellen.
189. BAKKER, J. G. 1976. Het recreatief gebruik van de Rееuwiјkse Plassen en de Rottemeren op een zomerse zondag.
190. VINK, L. W. en C. G. J. VAN OOSTROM. 1976. Bepaling van de structuur van gespecialiseerde groenteteeltbedrijven met behulp van lineaire programmering. (Summary: Determination of the structure of specialized holdings with horticulture in the open bij lineair programming).
191. WIND, G. P. und R. A. POT. 1976. Bodenverbesserung in den holländischen Veenkolonien.
192. LOCHT, L. J. 1976. Economic and Small-scale Environmental Effects; some Case Studies.
193. VINK, L. W. 1977. Invloed van enkele cultuurtechnische produktie-omstandigheden op het grondgebruik van potentiële groenteteeltbedrijven in de vollegrond in het West-Brabantse zandgebied.
194. FEDDES, R. A. 1977. Compenserende maatregelen bij grondwateronttrekking.
195. Phosphates in soils treated with sewage water. 1977. I. General information on sewage farm, soil, and treatment results, by J. BEEK, F. A. M. DE HAAN, and W. H. VAN RIEMSDIJK; II. Fractionation of accumulated phosphates, by J. BEEK, F. A. M. DE HAAN, and W. H. VAN RIEMSDIJK; III. Kinetic studies on the reaction of phosphate with aluminum compounds, by W. H. VAN RIEMSDIJK, F. A. WEST-STRATE, and J. BEEK.
196. WILDE, J. G. S. de, A. H. RYHINER en TH. J. LINTHORST. 1977. Berekening en bevoeling in Nederland in het droge jaar 1973.
197. WIJK, A. L. M. VAN, W. B. VERHULST en J. BEUVING. 1977. Grass sportsfields: Topography, soil and soil aeration.
198. ZEE, E. VAN DER en A. C. VISSE. 1977. Resultaten bij de cultuurtechnische inventarisatie van de Midden-Randstad.
199. ALDERWEGEN, H. A. VAN en J. BEUVING. 1977. Openluchtrecreatie in Midden-Brabant. I. Opzet en uitvoering van het onderzoek. II. Resultaten van het onderzoek.
200. BERG, C. VAN DEN. 1977. De waterhuishouding van het Grevelingenbekken en de watervoorziening van de landbouw in Zuid-Nederland.
201. MEIJER, H. J. en J. A. C. KNOPS. 1977. Veldonderzoek naar de bestendigheid van cocosvezels als afdek- of omhullingsmateriaal voor drainbuizen.
202. BIJKERK, C. 1977. Tuinbouw, ruimtelijke ordening en landinrichting.
203. WESSELING, J. 1977. Tuinbouw, waterkwantiteit en -kwaliteit.
204. REINDS, G. H. en J. W. RIGHOLT. 1977. Agrarische evaluatie van de landinrichting met het rekenprogramma AGREVAL.
205. WIEBING, R. en G. P. WIND. 1977. Grondverbetering beperkt droogteschade in de veenkoloniën.
206. WIEBING, R. en A. SCHEPERS. 1977. De groei en opbrengst van aardappelen op wel en niet gediepte Veenkoloniale grond te Borgercompagnie.
207. ALDERWEGEN, H. A. van, B. STEINMETZ en A. T. DE GROOT. 1978. Rekenchema voor bepaling huidige vraag naar visplaatsen in een regio.
208. PLOEGMAN, C. 1978. Het chloride-ion in de grond in relatie tot de opbrengst bij tulpen.
209. HOEKS, J. 1978. Bodemverontreiniging langs verkeerswegen.
210. STEENVOORDEN, J. H. A. M. 1977. Sources of eutrophication in the Western Netherlands as illustrated for three polders.
211. WEERD, B. VAN DER. 1978. Een berekening van de mogelijke hydrologische gevolgen voor de belendende gronden bij een dijkverzwaring door middel van opsputten.
212. WILDE, J. G. S. DE en Th. J. LINTHORST. 1978. Berekening en bevoeling in Nederland in het zeer droge jaar 1976.
213. STOL, Ph. Th. 1978. Frequenties van droge zomers en natte winters. Neerslag maand- en seizoensommen te Winterswijk van 1914-1977.
214. HOMMA, F. 1978. Onderzoek naar de invloed van infiltratie in een veenkoloniaal gebied met behulp van elektrische modellen.